I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCBG und Abiturerlassen BG jeweils in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzbereiche				
	K1	K2	K3	K4	K5
1.1	X			X	
1.2	X		X		
1.3		X	X		
1.4.1	X		X		
1.4.2		X	X		
1.4.3		X		X	
1.4.4			X		
2.1	X				
2.2		X			
2.3		X	X		
2.4		X		X	
2.5			X		X

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.

Q1: Biochemische Grundlagen der Biologietechnik
Q2: Molekularbiologische und gentechnische Grundlagen der Biologietechnik

verbindliche Themenfelder:
Grundlagen der Thermodynamik und der Enzymologie (Q1.1), Biochemie des Stoffwechsels der Kohlenhydrate (Q1.2), Molekularbiologische Grundlagen (Q2.1)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Selbstverständlich sind jedoch Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, ebenso zu akzeptieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
1.1	vergleichen Sowohl der aerobe als auch der anaerobe Glukoseabbau beginnen mit der Glykolyse, welche im Cytoplasma der Hefezellen stattfindet. Das entstehende Pyruvat wird beim anaeroben Abbau über die alkoholische Gärung, welche ebenfalls im Cytoplasma stattfindet, zu Ethanol abgebaut. Aus einem Glukosemolekül entstehen zwei Moleküle Ethanol. Dabei werden insgesamt zwei ATP generiert. Beim aeroben Glukoseabbau findet nach der Glykolyse die oxidative Decarboxylierung in der mitochondrialen Matrix statt. Danach folgt der Citratzyklus ebenfalls in der mitochondrialen Matrix und im Anschluss die Prozesse der Endoxidation an der inneren Mitochondrienmembran sowie dem Intermembranraum. Die Endprodukte der Zellatmung sind sechs Moleküle CO_2 pro Glukosemolekül und es werden insgesamt 38 ATP generiert.	7	1	
1.2	darstellen Glukose 2 Ethanol 2 ADP + P_i 2 ATP GLYKOLYSE 2 NAD^+ 2 $NADH/H^+$ GÄRUNG 2 CO_2 2 Pyruvat 2 Pyruvat geändert nach: M. Walory, E. Westendorf-Bröring (Hg.): Biologie heute SII, Lehrermaterialien Teil 1, S. 59. geändert nach: Dr. J. Braun, H. Joußen, Dr. A. Paul, E. Westendorf-Bröring (Hg.): Biologie heute SII Erweiterte Ausgabe, S. 40.	5		
	erläutern Die Gärung ist eine Möglichkeit für biologische Systeme Energie auch in Abwesenheit von Sauerstoff zu generieren. Über die Gärung selbst wird zwar kein ATP produziert, aber sie dient der Rückgewinnung von NAD^+, welches in der Glykolyse für die ATP-Produktion benötigt wird. Würde NAD^+ nicht regeneriert werden, könnte auch die Glykolyse nicht mehr ablaufen und somit keine Energie mehr gewonnen werden. Die Möglichkeit Gärung zu betreiben, erlaubt es lebenden Organismen sich an ändernde Umweltbedingungen anzupassen und bietet ihnen damit eine höhere Überlebenschance.		3	

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE** I	**BE** II	**BE** III
1.3	beschreiben In Material 1 sind zwei Grafiken zu sehen. Die linke Grafik zeigt die Änderung der Glukosekonzentration über die Zeit und die rechte Grafik zeigt die Änderung der Ethanolkonzentration über die Zeit. Kurven A: Die Glukosekonzentration sinkt exponentiell, bis die Glukose schließlich nahezu verbraucht ist. Währenddessen steigt die Ethanolkonzentration ebenfalls exponentiell an im gleichen Maße wie die Glukosekonzentration abnimmt. Kurven B: Die Glukosekonzentration sinkt linear in geringem Maße. Am Ende ist sie immer noch recht hoch (ca. 80 % im Vergleich zum Ausgangszustand), d. h. es wurde relativ wenig Glukose verbraucht. Die Ethanolkonzentration steigt linear an, bleibt insgesamt aber auf einem sehr niedrigen Niveau (ca. 5 % des von Kurve A angestrebten Wertes).	4		
	zuordnen, begründen Kurven A: Hier handelt es sich um den anaeroben Abbau der Glukose. Da bei der Gärung nur 2 mol ATP / mol Glukose gewonnen werden können, muss mehr Glukose abgebaut werden, um die Hefen am Leben zu halten. Daher sinkt die Konzentration an Glukose im Medium schnell ab. Zudem wird in diesem Fall sehr viel Ethanol produziert, was für eine hohe Rate an alkoholischer Gärung spricht. Kurven B: Hier handelt es sich um den aeroben Abbau der Glukose. Der niedrige Glukoseverbrauch lässt sich durch die hohe ATP-Ausbeute von 38 mol ATP / mol Glukose erklären. Da Glukose vollständig abgebaut wird, und somit mehr Energie aus einem Glukosemolekül gewonnen werden kann, wird weniger Glukose verbraucht. Dadurch, dass genügend Energie zur Verfügung steht, entsteht auch nur sehr wenig Ethanol. Der Pasteur-Effekt beschreibt die Unterdrückung der Gärung durch die Zellatmung, d. h. die Bildung von Ethanol wird verhindert, sobald Sauerstoff verfügbar ist. Dies zeigt sich in der Ethanolkonzentration der Kurve B.			
	zuordnen		4	
	begründen			4
1.4.1	beschreiben – Allosterisch regulierte Enzyme besitzen neben dem aktiven Zentrum noch mindestens ein weiteres Zentrum, das so genannte allosterische Zentrum. – Die Regulation erfolgt über die Bindung eines Effektors an das allosterische Zentrum des Enzyms, was eine Änderung der Raumstruktur bewirkt. – Ist der Effektor ein Aktivator, bewirkt die Raumstrukturänderung eine Steigerung der Enzymaktivität, handelt es sich um einen Inhibitor führt die Bindung zu einem Absinken der Enzymaktivität.	4		

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
1.4.2	erklären Bei Anwesenheit von Sauerstoff wird Pyruvat mithilfe des Co-Substrats NAD^+ durch die Pyruvat-Dehydrogenase abgebaut. Gerät die Hefe in einen Sauerstoffmangel, sinkt das NAD^+-Level und der Gehalt an $NADH/H^+$ steigt in der Zelle an. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Elektronen der Atmungskette nicht länger auf Sauerstoff übertragen werden können und es zu einem „Elektronenstau“ in der Atmungskette kommt. Dadurch kann $NADH/H^+$ seine Elektronen nicht mehr an den Komplex I der Atmungskette abgeben und die Konzentration von $NADH/H^+$ steigt daher an. $NADH/H^+$ hemmt die Pyruvat-Dehydrogenase allosterisch, wodurch es zu einem Ansteigen der Pyruvatkonzentration in der Zelle kommt. Die höhere Pyruvatkonzentration führt zur vermehrten Bildung von Enzym-Substrat-Komplexen mit der Pyruvat-Decarboxylase und damit zur Gärung. Sobald wieder Sauerstoff verfügbar ist, wird $NADH/H^+$ über die Atmungskette wieder vermehrt zu NAD^+ oxidiert, so dass das $NADH/H^+$-Level in der Zelle wieder sinkt. Dadurch wird die Hemmung der Pyruvat-Dehydrogenase aufgehoben und das Pyruvat wird wieder vermehrt durch die Pyruvat-Dehydrogenase umgesetzt. Durch die niedrige Pyruvatkonzentration in der Zelle kann Pyruvat nicht mehr von der Pyruvat-Decarboxylase umgesetzt werden und der Gärungsstoffwechsel läuft nicht mehr ab.			8
1.4.3	erläutern In Material 3 ist die Aktivität der Pyruvat-Dehydrogenase bei Abwesenheit von $NADH/H^+$ gezeigt. Dargestellt ist die Konzentration an gebildetem Acetyl-CoA pro Zeit in Abhängigkeit von der Pyruvatkonzentration. Nach einer kurzen Anlaufphase steigt mit steigender Pyruvatkonzentration auch die Menge an gebildetem Acetyl-CoA. Ab einer bestimmten Pyruvatkonzentration ist ein Sättigungswert erreicht und es kann, auch bei einem weiteren Anstieg der Pyruvatkonzentration, nicht mehr Acetyl-CoA hergestellt werden.		3	
	begründen Das Enzym Pyruvat-Dehydrogenase ist bei Abwesenheit von $NADH/H^+$ aktiv bzw. nicht gehemmt, d.h. Pyruvat kann im aeroben Stoffwechsel weiter zu Acetyl-CoA umgesetzt werden. Dabei steigt die Umsetzung mit zunehmender Substratkonzentration sigmoidal an. Ab einer gewissen Substratkonzentration sind alle Enzyme voll ausgelastet und die Aktivität der Pyruvat-Dehydrogenase und damit die Konzentration an Produkt kann nicht weiter ansteigen. Daher bleibt die gebildete Acetyl-CoA-Menge pro Zeit ab dieser Pyruvatkonzentration konstant.			3

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
1.4.4	skizzieren Acetyl-CoA pro Zeit Pyruvatkonzentration		3	
	begründen NADH/H^+ hemmt die Pyruvat-Dehydrogenase und damit die Bildung von Acetyl-CoA. Es wird daher nur wenig oder kein Acetyl-CoA gebildet, unabhängig von der Pyruvatkonzentration.			3
	Summe 52	**20**	**14**	**18**

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
2.1	beschreiben – Die DNA ist ein Makromolekül, welches aus vier verschiedenen Nukleotiden aufgebaut ist. – Ein Nukleotid besteht jeweils aus dem Monosaccharid Desoxyribose, einem Phosphatrest und einer der vier Basen Cytosin, Thymin, Adenin und Guanin. – Die Desoxyribosemoleküle sind jeweils über das dritte und fünfte C-Atom durch Phosphatreste über eine Phosphodiesterbindung miteinander zu einem Strang verknüpft und bilden das Rückgrat der DNA. Dabei entstehen 3´- und 5´-Enden an den Einzelsträngen. Am 3´-Ende hat das dritte C-Atom der Desoxyribose keine Phosphatgruppe, beim 5´-Ende sitzt am fünften C-Atom der Desoxyribose jedoch eine Phosphatgruppe. – Jedes DNA-Molekül besteht i. d. R. aus zwei Strängen, welche über Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den innenliegenden Basen miteinander verbunden sind. Jeweils eine Base bindet am C_1 Kohlenstoffatom eines Desoxyribosemoleküls. – Die Basenpaarung erfolgt zwischen Adenin und Thymin über zwei Wasserstoffbrückenbindungen, sowie Cytosin und Guanin über drei Wasserstoffbrückenbindungen. – Die beiden DNA-Stränge sind komplementär und verlaufen antiparallel. – Die beiden DNA-Stränge winden sich schraubenförmig umeinander und bilden so eine Doppelhelix.	10		

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
2.2	aufzeigen Durch die UV-Strahlung im Sonnenlicht kommt es in der DNA von Hautzellen zur Ausbildung von Thymin-Dimeren. Dadurch wird die DNA-Polymerase bei der Replikation gestört und es kommt zu fehlerhaften Basenpaarungen. In Abbildung 4.1 ist die Empfindlichkeit von Zellen gegenüber UV-Strahlung dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Zellen eines XP-Patienten bereits bei einer sehr geringen UV-Dosis im Bereich von 0-1 J / m^2 beginnen abzusterben und bei einer UV-Dosis von ca. 2 J / m^2 lediglich noch 3 % der Zellen überleben. Im Gegensatz dazu zeigen die Zellen gesunder Personen bei dieser Strahlungsintensität noch eine Überlebensrate von fast 100 %. Die 3 %-Marke wird bei Gesunden erst bei einer UV-Dosis von ca. 20 J / m^2 erreicht. In Abbildung 4.2 ist zu erkennen, dass der Anteil an Thymin-Dimeren nach Bestrahlung bei Gesunden und XP-Betroffenen jeweils bei 100 % liegt. Während der Anteil bei nicht-betroffenen Personen über einen Zeitraum von ca. 15 Stunden von 100 % auf ca. 15 % abnimmt, bleibt der Anteil an Thymin-Dimeren bei XP-Betroffenen weiterhin sehr hoch (ca. 80 %). In Zellen der XP-Patienten können die Thymin-Dimere demnach nicht oder nur sehr langsam repariert werden. Dadurch kommt es zu einer Anhäufung von DNA-Schädigungen und damit zu der für die Krankheit typischen Entstehung bösartiger Hauttumore.		6	4
2.3	erklären – Schritt a: Das Protein XPC erkennt das Thymin-Dimer in der DNA und bindet daran. – Schritt b: Der TFIIH-Komplex, der die Helikasen XPB und XPD enthält, bindet an XPC auf der DNA. – Schritt c: Das Protein XPA bindet in 5´-Richtung von XPC im Bereich der Helikase XPD an die DNA; es entsteht eine blasenartige Öffnung des DNA-Doppelstrangs im Bereich des Transkriptionsfaktors zwischen XPA und XPC; das Einzelstrangbindeprotein RPA bindet im einzelsträngigen Bereich des komplementären DNA-Strangs. – Schritt d: Die Endonukleasen XPG und XPF binden im Bereich von XPC und XPA und schneiden den DNA-Einzelstrang an definierten Bereichen; XPC verlässt den Enzymkomplex. – Schritt e: Der DNA-Einzelstrangbereich mit dem fehlerhaften Thymin-Dimer wird zusammen mit dem TFIIH-Komplex und XPG/XPF sowie XPA entfernt. RPA bindet weiterhin am komplementären Einzelstrang, um diesen zu stabilisieren. – Schritt f: RPA verlässt den Einzelstrang und die DNA-Polymerase ergänzt diesen wieder zum Doppelstrang. – Schritt g: Die Ligase schließt die Lücke im DNA-Strang durch Ausbildung der Phosphodiesterbindung. Bei dieser Methode wird also zunächst die Mutation erkannt, die DNA an entsprechender Stelle eingeschnitten und der mutierte DNA-Abschnitt herausgeschnitten. Dieser Abschnitt wird neu synthetisiert und die DNA-Fragmente durch Ligation verbunden. Das Reparatursystem erkennt vermutlich solche Mutationen, die, wie im Falle der Thymin-Dimer-Bildung, Ausbuchtungen der DNA bilden.		8	4

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
2.4	ermitteln Fall 1: Punktmutation von C nach A in der DNA führt in der mRNA zu einem Basenaustausch von G nach U. Statt Cystein wird bei XP-Patienten die Aminosäure Phenylalanin eingebaut. Fall 2: Punktmutation von A nach T in der DNA führt in der mRNA zu einem Basenaustausch von U nach A. Statt der Aminosäure Tyrosin entsteht hier bei XP-Patienten ein Stopp-Codon. Fall 3: Zweimalige Insertion der Basen AA in den DNA-Tripletts 261 und 262, d.h. es sind zusätzliche vier Basen UUUU in der mRNA vorhanden. Dies führt zu einem veränderten Leseraster und damit zu einer anderen Aminosäuresequenz: gesund: Thr-Cys-Thr-Met-Cys-Gly-His-Glu-Leu-Thr-Tyr-Glu-Lys-Met Stopp XP-Patient: Ile-Leu-Leu-Tyr-Tyr-Val-Trp-Pro Stopp		6	
	ableiten Fall 1: Die Mutation liegt im DNA-Triplett Nr. 108, also mitten im Protein. Je nachdem, wie sehr sich die Aminosäuren in Bezug auf ihren Aufbau und ihre chemischen Eigenschaften wie Polarität, zusätzliche Amino- oder Caboxylgruppen etc. unterscheiden, können auch die Auswirkungen auf die Tertiärstruktur unterschiedlich stark sein. Wasserstoffbrückenbindungen oder Schwefelbrücken können ggf. nicht mehr geknüpft werden, was wiederum Auswirkungen auf die räumliche Struktur und damit die Funktion des Proteins hat. Fall 2: Die Mutation liegt im DNA-Triplett 116 und führt in der mRNA zu einem Stopp-Codon und damit zum Abbruch der Proteinbiosynthese. Das bedeutet, dass die restlichen 158 Aminosäuren im Protein fehlen. Es ist davon auszugehen, dass das Protein damit funktionslos oder stark in der Funktion eingeschränkt ist. Fall 3: In diesem Fall sind die Aminosäuren ab dem Codon 261 betroffen, also die letzten 14 Aminosäuren des Proteins. Hier unterscheidet sich zum einen die Aminosäure-Sequenz, zum anderen fehlen die letzten sechs Aminosäuren aufgrund eines frühzeitigen Stopp-Codons. Da die restlichen 260 Aminosäuren des Proteins noch intakt sind, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass das Protein noch funktionsfähig ist, allerdings vermutlich mit eingeschränkter Funktion.		6	
2.5	erklären In den Fällen 1 und 2 ist die Struktur des XPA-Proteins so stark beeinträchtigt, dass es seine Funktion nicht mehr erfüllen und eine DNA-Reparatur nicht mehr erfolgen kann. Im Fall 1 scheint der Aminosäureaustausch im Bindungsbereich von XPA zu liegen, im Fall 2 sind nur 115 von 276 Aminosäuren vorhanden und eine Bindung an die DNA oder den TFHII-Komplex nicht mehr möglich. Im Fall 3 sind die letzten 14 Aminosäuren des XPA-Proteins betroffen. Scheinbar liegen diese nicht in den Bindungsbereichen des XPA-Proteins. Trotzdem scheint die Tertiärstruktur beeinträchtigt zu sein, so dass es zu einer abgeschwächten Funktion mit einer evtl. langsamer ablaufenden DNA-Reparatur und damit zu einem milderen Krankheitsverlauf kommt.			4
	Summe 48	**10**	**26**	**12**

III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologietechnik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	**Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen**			**Summe**
	AFB I	**AFB II**	**AFB III**	
1	20	14	18	**52**
2	10	26	12	**48**
Summe	**30**	**40**	**30**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.